УДК 004.9

С.В. Мащенко, А.Н. Заднепрянный
Институт проблем искусственного интеллекта
МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б, *sermatch@gmail.com*

Шагающая система робота

S.V. Maschenko, A.N. Zadnepryanny
Institute of Artificial Intelligence
MES of Ukraine and MAS of Ukraine, c. Donetsk
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118 b

Walking Robot System

С.В. Мащенко, О.М. Задніпряний
Інститут проблем штучного інтелекту
МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема 118 б

Крокуюча система робота

В статье рассматривается вариант реализации шагающей системы мобильного робота, предназначенного для выполнения операций в автономном режиме или при дистанционном управлении в радиационно, химически, бактериологически опасной среде, для работы со взрывоопасными предметами, для охраны и т.п. Конструкция шагающей системы позволяет двигаться по стандартным лестничным пролетам зданий.
Ключевые слова: робот, шагающая система, система управления.

The article deals with the walking embodiment of the mobile robot system designed to perform off-line operations and to be controlled remotely in radiation, chemical, bacteriological hazardous environment, to work with explosive items, to perform protection, etc. The design of the system allows walking in standard stairways of buildings.
Keywords: robot, walking system, control system.

У статті розглядається варіант реалізації крокуючої системи мобільного робота, призначеного для виконання операцій в автономному режимі або при дистанційному управлінні в радіаційно, хімічно, бактеріологічно небезпечному середовищі, для роботи з вибухонебезпечними предметами, для охорони і т.п. Конструкція крокуючої системи дозволяє рухатися по стандартних сходових прольотах будинків.
Ключові слова: робот, крокуюча система, система правління.

Введение

В последнее время в области робототехники большое внимание уделяется роботам с шагающими движителями.

Колесный движитель предназначен для движения по адаптированной поверхности; на мягком грунте и на больших препятствиях он уступает другим типам движителей. Колесный и гусеничный движители разрушают мягкий грунт во время движения. При движении колесного движителя по неровностям расходуется энергия на деформацию резиновой шины и на подъем центра тяжести шасси. При перекатывании колеса по мягкой поверхности энергия затрачивается на деформацию грунта. Так при движении колёсного трактора по влажной вспаханной почве на деформацию грунта уходит более половины энергии, подводимой к колесу.

При движении гусеничного движителя по твердым препятствиям происходит деформация гусеницы с подъемом звеньев, катков и частичным сжатием пружин кареток. Это приводит к подъёму центра тяжести шасси и затрате дополнительной мощности. Значительные потери происходят в шарнирах гусеницы. Колесный и гусеничный движители не предназначены для преодоления лестниц, больших препятствий, поверхностей с мягким покрытием, не могут переступать препятствия.

Преимущества шагающих движителей в сравнении с колесными и гусеничными заключаются в том, что когда стопа шагающего движителя становится на неровную поверхность, она опирается только на вершины выступов. Все выступы и углубления стопой (лыжей) не копируются. Следовательно, центр тяжести аппарата от неровностей почвы в пределах длины лыжи колеблется незначительно. При преодолении препятствий у шагающего механизма колебания центра тяжести меньше. Это улучшает КПД механизма, его плавность и устойчивость.

Чем выше по своему развитию живой организм, тем меньше ног он использует для своего перемещения, например, насекомое имеет шесть ног, животное четыре, а человек всего две. Для повышения устойчивости при минимальной сложности шасси требуется центр тяжести снизить, а площадь опоры увеличить. Шагающий механизм можно оснастить двумя подвижными опорами. Эти опоры (условно их можно назвать стопами) могут иметь произвольный вид и конфигурацию. Стопы должны двигаться друг относительно друга в продольном и вертикальном направлениях. Поворот шагающего механизма выполняется за счет механики поворота. В конструкцию механизма закладывается возможность движения по стандартным лестничным пролетам.

В настоящее время интенсивно ведутся работы по созданию роботов в США, Японии, Германии, Южной Корее и других странах. По этой теме публикуется большое количество материалов, опытные образцы демонстрируются на выставках. Роботостроение признается актуальной и важной проблемой во всем мире.

Применение роботов при решении реальных задач приводит к необходимости соответствия транспортных возможностей робота некоторым минимальным или стандартным требованиям. Базовые требования сводятся к возможности движения по стандартным лестничным пролетам и преодоления препятствий высотой 180 мм, что означает возможность движения в обычных обитаемых помещениях.

Реализовать эти требования в компактной автономной системе можно, применив шагающий способ движения. Будущее за шагающими системами. Шагающие системы сложнее, чем колесные или гусеничные. На каждом этапе движения робот должен принимать решения о длине и высоте шага, о месте постановки стопы, о траектории движения, поэтому это задача информатики и вычислительной техники. Задача шагающего движения во всем мире решается постепенно, последовательными приближениями и экспериментами.

Конструкция шагающей системы робота

Конструкции шагающих систем сложны в разработке и изготовлении, поэтому в основу конструкции шагающей системы положен принцип минимальной достаточности.

Шагающий робот представляет собой модульную конструкцию, функционирующую в разных конфигурациях в зависимости от наличия и готовности составных частей. Конструкция базируется на шагающем шасси, на котором могут устанавливаться видеокамеры, датчики, вычислительные средства и т.д.

На рис. 1 показана возможная конфигурация робота с электромеханическим манипулятором. На рис 2 показана конфигурация в виде шагающего робота-разведчика с упрощенным манипулятором.

Основными и минимальными средствами шагающей системы являются две ноги, которые могут перемещаться относительно друг друга в продольном и вертикальном направлениях. Ногой условно называем механизм, обеспечивающий требуемые функции. Изменение направления движения обеспечивается механизмом поворота. Расположение стоп – опор робота показано на рис 3.

Для выполнения поворотов и разворотов, а также для движения по ровной поверхности применен колесно-поворотный механизм, показанный на рис. 4. На рис. 4 а) представлен механизм, который поднят в положение для ходьбы, а на рис. 4 б) – механизм опущен в рабочее положение.

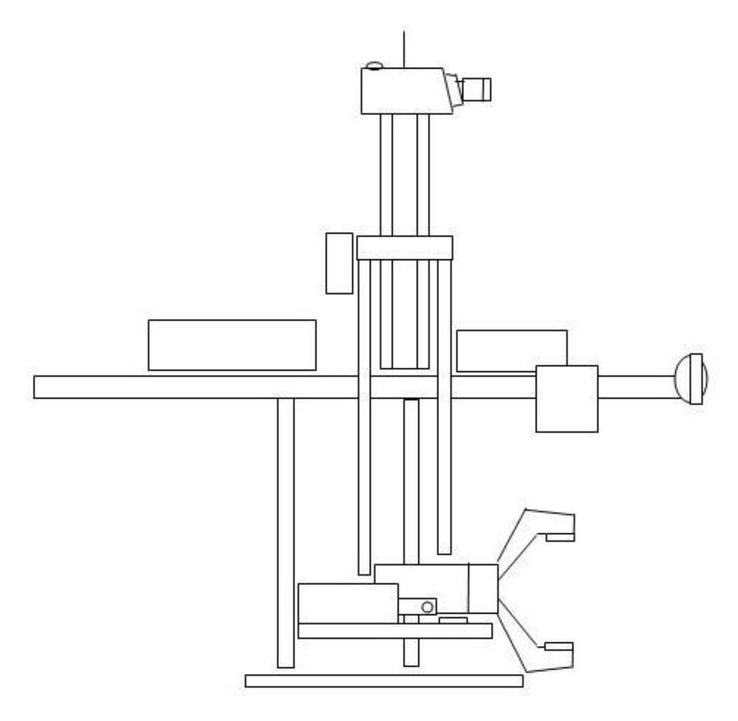


Рисунок 1 – Шагающий робот с манипулятором

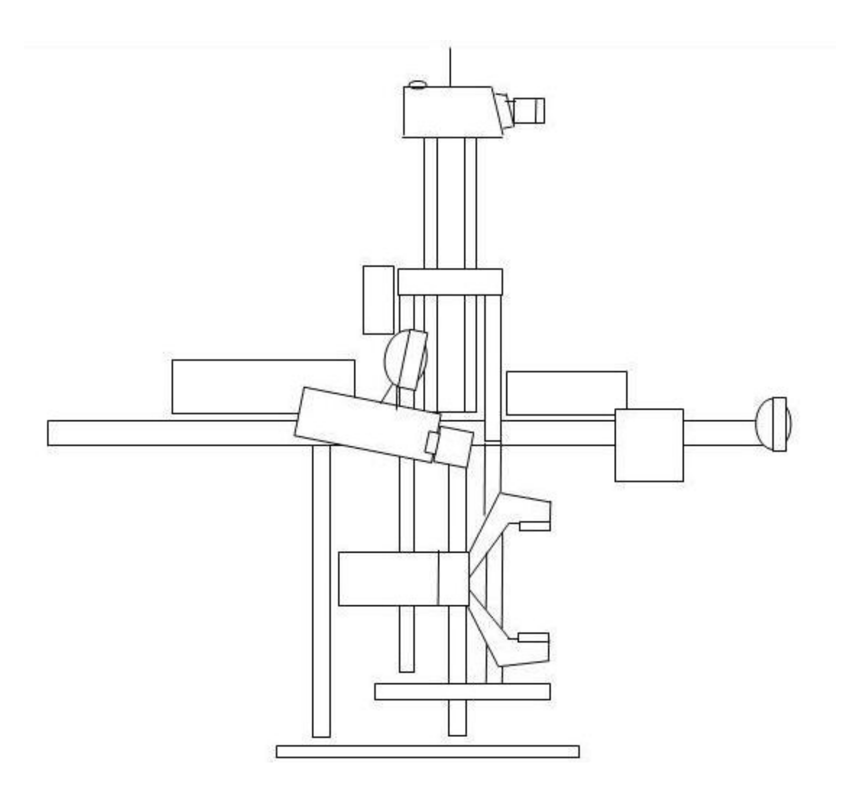


Рисунок 2 – Шагающий робот разведчик с упрощенным манипулятором

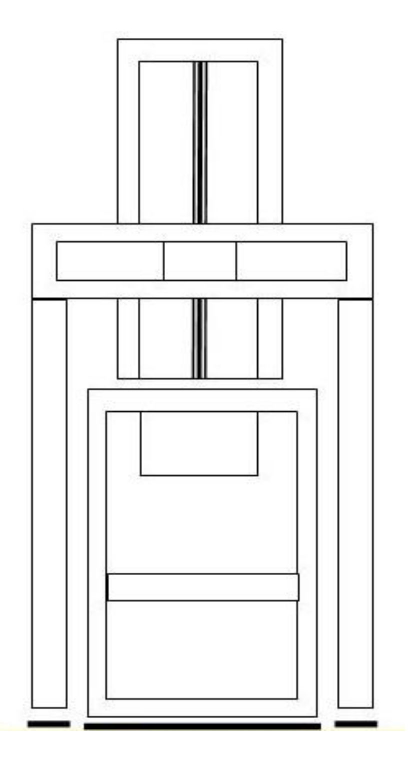
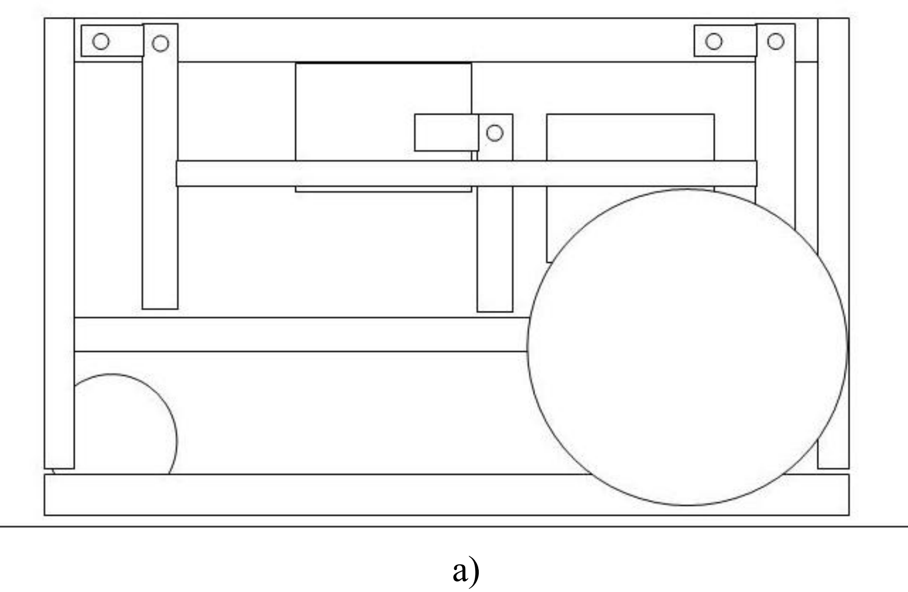
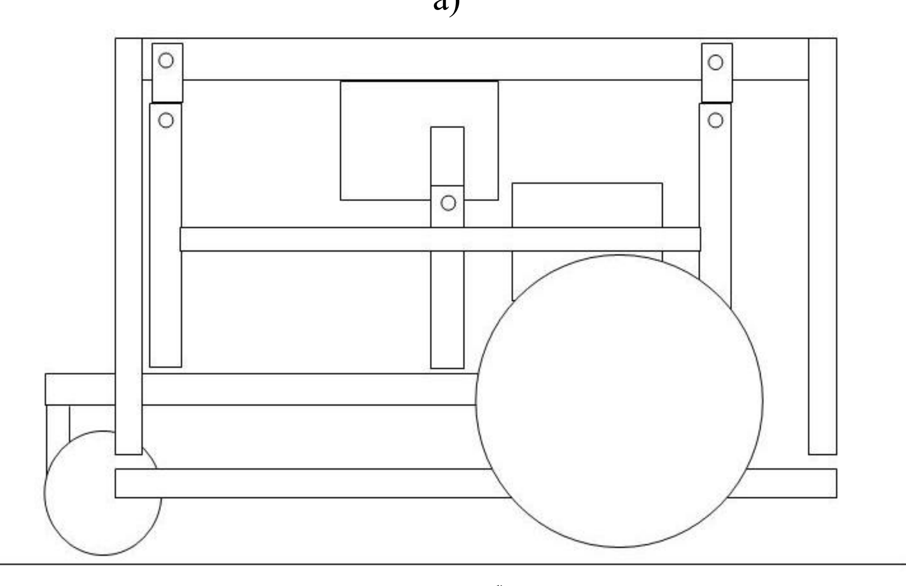


Рисунок 3 – Расположение опор робота



а)



б)

Рисунок 4 – Схемы расположения стоп при повороте

Оппозитный шагающий механизм

В основе конструкции оппозитного шагающего механизма два винтовых механизма с прямолинейными направляющими и каретками. Механизмы унифицированы, но отличаются моментами и продольными скоростями. Для балансировки робота при ходьбе разработан механизм балансировки с гибким приводящим элементом

На рис. 5 и рис. 6 показаны соответственно вид сверху и вид сбоку шагающей системы. На рисунках обозначены 1 и 1.1 – каретки и электроприводы механизма горизонтального перемещения, 2 и 2.1 – каретка и электропривод механизма вертикального перемещения, 3 и 3.1 каретка и электропривод механизма балансировки, 4 – балансировочный груз.

Для перемещения балансировочного груза на начальном этапе использовался винтовой механизм с прямолинейными направляющими и каретками. Этот механизм оказался малоэффективен. Был разработан вариант шагающего механизма с увеличенным запасом балансировки с гибким приводящим элементом балансировочного груза.

После доводок и испытаний шагающего механизма было выявлено, что составляющие электроприводы развивают достаточные усилия и скорости, механизм сохраняет устойчивость при движении по лестницам и по горизонтальным поверхностям.

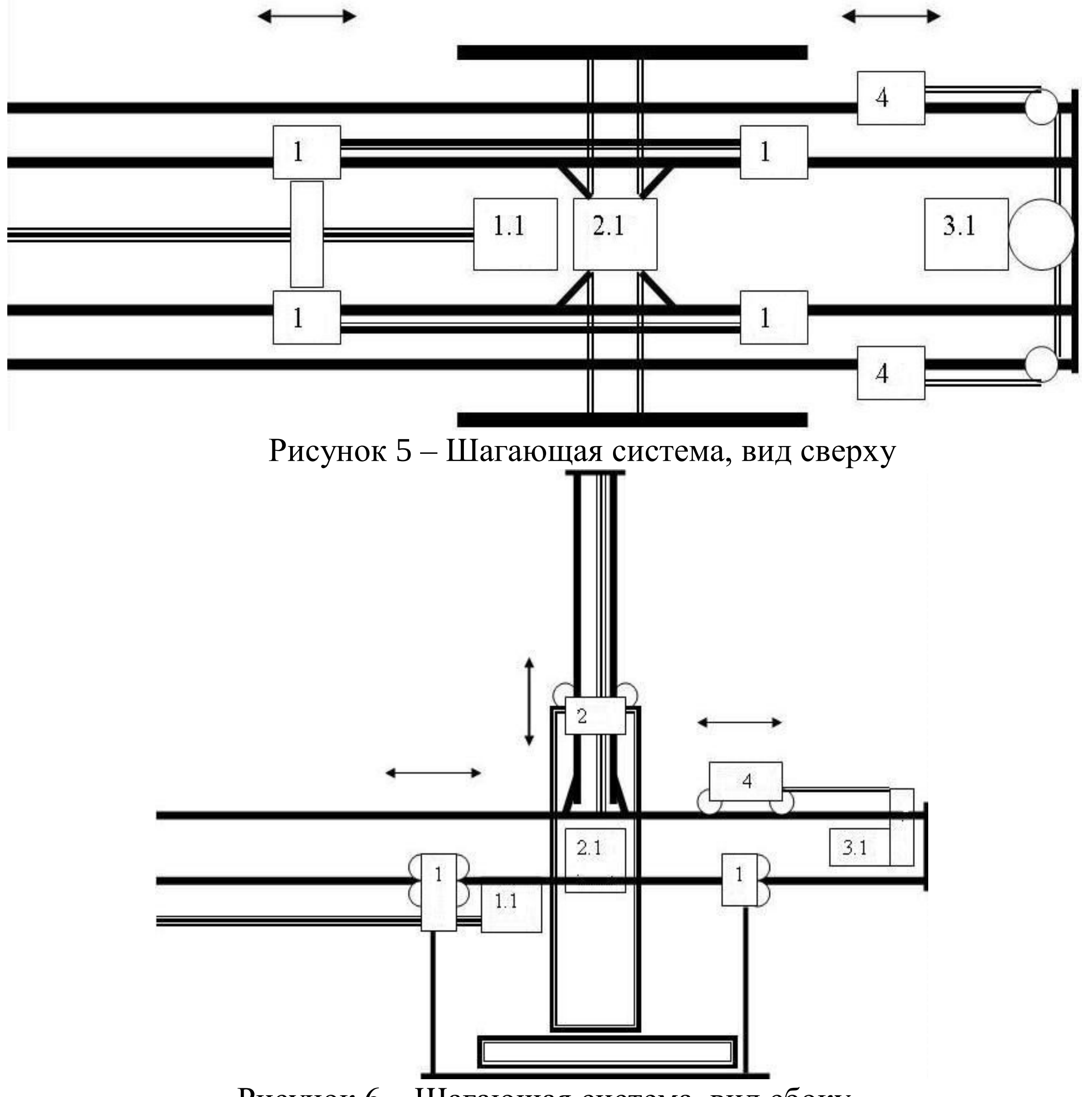


Рисунок 5 – Шагающая система, вид сверху

Рисунок 6 – Шагающая система, вид сбоку

Внешний вид шагающего робота показан на рис. 7 (приведен вид сбоку), на рис. 8 (вид сверху).

По конструкции шагающего механизма робота и по системам управления робота получены патенты Украины [5], [7-10].

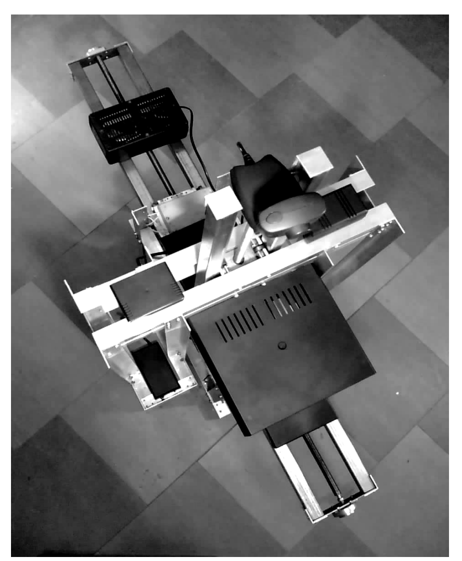


Рисунок 7 – Шагающий робот, вид сверху

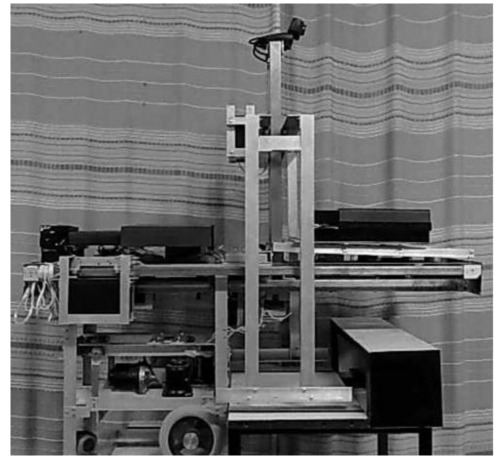


Рисунок 8 – Шагающий робот, вид сбоку

Выводы

Требуется разрабатывать шагающий механизм, который можно реально изготавливать в имеющихся условиях. Работа шагающей системы требует развитого аппаратного и программного обеспечения. Разработанный шагающий механизм был испытан на многочисленных физических моделях, показал работоспособность и достаточную грузоподъемность.

В настоящее время разработан и изготовлен оппозитный шагающий механизм и система управления в минимальной конфигурации открытая для развития. Основные узлы шагающей системы опробованы и испытаны по отдельности и в сборе и соответствуют требованиям для движения по стандартным лестничным пролетам.

Электромеханическая нога выжимает вес около 20 кг. Подобранные коэффициенты передачи редукторов обеспечивают реальную скорость вертикального и горизонтального перемещения.

В целом разработана шагающая система новой конструкции, на нее и ее составную часть получены патенты. Разработанный шагающий робот представляет собой практическую конструкцию для работы в среде опасной для человека.

Литература

1. Жога В.В. Концепция системы управления шагающим роботом для разминирования / В.В. Жога // Искусственный интеллект. – 2002. – № 4.– С. 351-355.
2. Шевченко А.И. Малогабаритный интеллектуально механический мобильный робот / А.И. Шевченко, С.В. Мащенко // Интеллектуальные многопроцессорные системы : тезисы докладов международной конференции ИМС.99 – Таганрог ; Россия, 1999. – С. 109-110.
3. Мащенко С.В. Маневренный робот «Интеллект-9» / С.В. Мащенко, И.В. Шинкарев // Искусственный интеллект. – 2000. – № 1. – С. 105-108.
4. Шевченко А.И. Мобильный робот «Интеллект-12» // А.И. Шевченко, С.В. Мащенко // Искусственный интеллект. – 2002. – № 4.
5. Пат. 62142 А Україна, МКИ6 G06F3/05 Спосіб аналого-цифрового перетворення та пристрій для його реалізації / Мащенко С.В. ; приоритет 12.2002 ; опуб. 15.12.2003 ; бюл. № 12.
6. Мащенко С.В. Системы управления маневренного робота с втоматической градуировкой / С.В. Мащенко // Искусственный интеллект. – 2006. – № 1.
7. Патент України N87719. Мобільний крокуючий робот / Мащенко С.В., Задніпрянний О.М. Опуб. 10.08.2009; бюл. № 15.
8. Патент № 89090 Україна. Автоматичний зарядний пристрій / Мащенко С.В. ; опуб. 25.12.2009 ; бюл. № 24.
9. Патент України на корисну модель № 62557. Система контролю і керування віддаленими об`єктами / Мащенко С.В. Зареєстровано 12.09.2011.
10. Патент України на винахід № 96197 Пристрій керування об`єктом / Мащенко С.В. Зареєстровано 10.10.2011.

Literatura

1. Zhoga V.V. Iskusstvennyj intellekt. 2002. № 4. S. 351-355.
2. Shevchenko A.I Intellektual’nye mnogoprocessornye sistemy: tezisy dokladov mezhdunarodnoj konferencii IMS.99. Taganrog. Rossija. 1999. S. 109-110.
3. Mashhenko S.V. Iskusstvennyj intellekt. 2000. № 1. S. 105-108.
4. Shevchenko A.I. Iskusstvennyj intellekt. 2002. № 4.
5. Pat. 62142 A Ukraina, MKI6 G06F3/05 Sposib analogo-cyfrovogo peretvorennja ta prystrij dlja jogo realizacii. Mashhenko S.V.; prioritet 12.2002. opub. 15.12.2003. bjul. № 12.
6. Mashhenko S.V. Iskusstvennyj intellekt. 2006. № 1.
7. Patent Ukrainy №87719. Mobil’nyj krokujuchyj robot. Mashhenko S.V. Zadniprjannij O.M. Opub. 10.08.2009. bjul. № 15.
8. Patent № 89090 Ukraina. Avtomatichnij zarjadnij pristrij. Mashhenko S.V.; opub. 25.12.2009. bjul. № 24.
9. Patent Ukrainy na korysnu model’ № 62557. Systema kontrolju i keruvannja viddalenymy objektamy. Mashhenko S.V. Zarejestrovano 12.09.2011.
10 Patent Ukrainy na vynahid № 96197 Prystrij keruvannja objektom. Mashhenko S.V. Zarejestrovano 10.10.2011.

S.V. Maschenko, A.N. Zadnepryanny

Walking Robot System

Presently, the opposed walker and the entry-level control system accessible for development have been prepared and produced. Basic blocks of the walking system have been tested and tried separately and in the assembled condition, and they are up to quality for usual landings.

Electrical mechanical leg works out about 20 kilos. Fitted coefficients of reducing gear transmission provide operational speed for vertical and horizontal mobility.

In general, redesigned walking system is developed, and patents on it and its elements have been received. The developed walking robot is a practical construction for working in the environment hazardous for a human being.

Статья поступила в редакцию 15.07.2011.